

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-077782

(43)Date of publication of application : 14.03.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/02
C23C 16/52
H01L 21/205
H01L 21/3065
H01L 21/31

(21)Application number : 2001-264868

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 31.08.2001

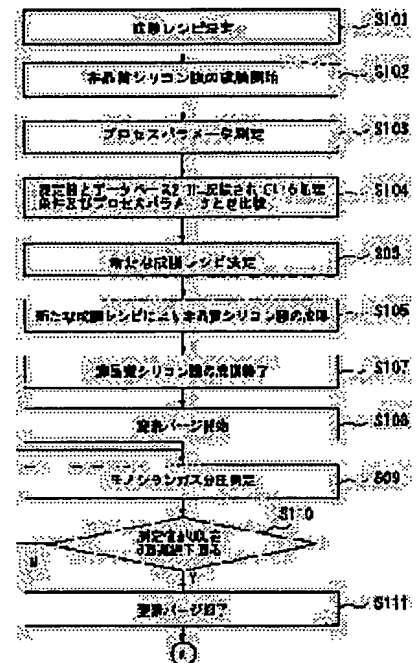
(72)Inventor : NAKAO TAKASHI

(54) MANUFACTURING METHOD FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To stably perform a processing as being set to a substrate to be processed even when reproducibility of the processing of a semiconductor device manufacturing device is instable.

SOLUTION: A manufacturing method for a semiconductor device comprises a step S101 of deciding a film formation recipe for applying a prescribed processing to the substrate to be processed inside a reaction chamber of the semiconductor device manufacturing device, a step S102 of performing the processing to the substrate to be processed on the basis of the decided film formation recipe, a step S103 of measuring one or more process parameters fluctuating throughput of the processing to the substrate to be processed during the processing, steps S104 and S105 of obtaining a new film formation recipe in which a processing amount becomes a set value during the processing from a reference state indicating relation of the throughput corresponding to a processing condition and the process parameter and a measured value of the process parameter measured during the processing, and a step S105 of performing the processing on the basis of the new film formation recipe during the processing.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-77782
(P2003-77782A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/02		H 0 1 L 21/02	Z 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/52		C 2 3 C 16/52	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 F 0 4 5
21/3065		21/31	B
21/31		21/302	E

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-264868(P2001-264868)

(22) 出願日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 中尾 隆

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

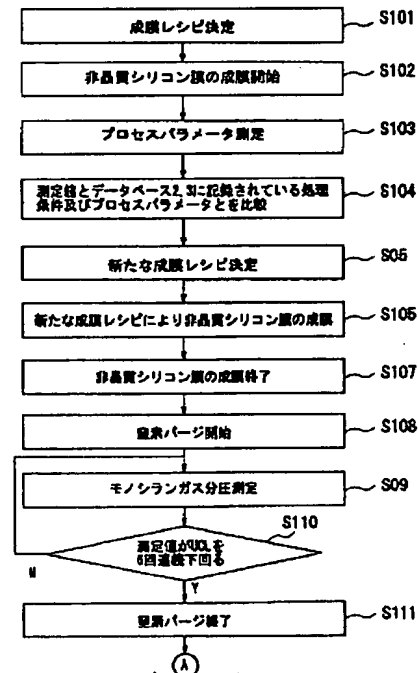
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】半導体装置製造装置の処理の再現性が不安定であっても、被処理基体へ設定通りの処理を行う安定して行う。

【解決手段】半導体装置製造装置の反応室内の被処理基体に所定の処理を与えるための成膜レシピを決定するステップS101と、決定された成膜レシピに基づいて、被処理基体に対して処理を行うステップS102と、前記処理中に、前記被処理基体に対する前記処理の処理能力を変動させるプロセスパラメータを一つ以上測定するステップS103と、前記処理中に、処理条件に対応づけられた処理能力と前記プロセスパラメータとの関係が示された基準状態と処理中に測定されたプロセスパラメータの測定値とから、処理量が設定値となる新たな成膜レシピを求めるステップS104、S105と、前記処理中に、新たな成膜レシピに基づいて前記処理を行うステップS105。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体装置製造装置の反応室内の被処理基体に所定の処理を与えるための第1の処理条件を決定するステップと、

決定された第1の処理条件に基づいて、被処理基体に対して処理を行うステップと、

前記処理中に、前記被処理基体に対する前記処理の処理能力を変動させるプロセスパラメータを一つ以上測定するステップと、

前記処理中に、処理能力と前記プロセスパラメータとの関係が示された基準状態と処理中に測定されたプロセスパラメータの測定値とから、処理量が設定値となる第2の処理条件を求めるステップと、

前記処理中に、処理条件を第1の処理条件から第2の処理条件に変更し、第2の処理条件に基づいて前記処理を行うステップとを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】前記処理能力は、前記被処理基体への処理速度及び前記被処理基体面内の処理量分布の少なくとも一方であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】前記処理は前記被処理基体の成膜工程であり、前記処理量は成膜された膜の膜厚であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】前記処理は前記被処理基体のエッチング工程であり、前記処理量は前記被処理基体のエッチング量であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】前記処理は前記反応室内に格納された複数の被処理基体に対して同時に行うものであり、各被処理基体に与えられる処理量が設計値となるように第2の処理条件を求めることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】前記プロセスパラメータが、前記反応室から排出される雰囲気成分及び濃度、前記反応室の温度、前記反応室の圧力、前記反応室の圧力を調整する圧力調整器の調整度合い、並びに前記反応室を加熱する加熱器の消費電力の少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】前記処理の終了後、前記被処理半導体基板に与えられた処理量を測定し、測定された処理量から求められる処理能力と、前記プロセスパラメータとの関係を示す新たな基準状態を作成することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】前記基準状態は半導体装置製造装置毎に用意され、同種の処理を行う複数の半導体装置製造装置間で他の半導体装置製造装置に用意された基準状態も参照して、第2の処理条件を求めることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】前記基準状態は半導体装置製造装置毎に用

意され、半導体基板に対して前記処理を行う半導体装置製造装置に前記処理能力に対応する基準状態が用意されていない場合、前記プロセスパラメータと、前記処理と同種の処理を行う他の半導体装置製造装置に用意された基準状態とから第2の処理条件を求めることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】前記基準状態と、処理中に測定されたプロセスパラメータと、前記処理前に前記被処理基体に加えられた処理の履歴情報とから、第2の処理条件を求めることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】前記履歴情報は、処理条件、処理中に測定された前記プロセスパラメータ、及び処理能力の測定値を含むことを特徴とする請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】前記処理条件に対応する基準状態が無い場合、前記処理条件に対応しない基準状態を補完して得られるデータから第2の処理条件を求めることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】前記規準状態は処理条件に応じて分類されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】前記被処理基体は製造工程途中の半導体装置であって、前記基準状態は、前記処理条件と、前記半導体装置の設計情報及び検査情報の少なくとも一方とに応じて分類されている事を特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】前記処理条件と、前記設計条件又は検査情報とに対応する基準状態が存在しない場合、対応しない基準状態を補完して得られるデータから第2の処理条件を求めることを特徴とする請求項14に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】前記基準状態中のプロセスパラメータは統計的な数値に変換されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、再現性良く半導体装置を形成するための半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体装置の製造工程において、半導体装置の製造工程の再現性は、必ずしも安定しているものではない。その原因は、半導体製造装置自身の加熱装置やプラズマ発生装置の不安定性や劣化や、反応室内に累積される堆積物などによる経時変化など、半導体製造装置の安定性に起因することもあるが、被処理基板に起因するものもある。

【0003】半導体装置の製造工程の再現性が安定していないことにより、設定値に対して成膜量やエッチング量などの処理量が変動し、形成された半導体装置が設計

時の性能を発揮することができないという問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、設定値に対して成膜量やエッチング量などの処理量の変動し、形成された半導体装置が設計時の性能を発揮することができないという問題があった。

【0005】本発明の目的は、半導体装置製造装置の処理の再現性が安定していなくても、被処理基体へ設定通りの処理を行う安定して行うことが可能な半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

【0007】半導体装置製造装置の反応室内の被処理基体に所定の処理を与えるための第1の処理条件を決定するステップと、決定された第1の処理条件に基づいて、被処理基体に対して処理を行うステップと、前記処理中に、前記被処理基体に対する前記処理の処理能力を変動させるプロセスパラメータを一つ以上測定するステップと、前記処理中に、処理能力と前記プロセスパラメータとの関係が示された基準状態と処理中に測定されたプロセスパラメータの測定値とから、処理量が設定値となる第2の処理条件を求めるステップと、前記処理中に、処理条件を第1の処理条件から第2の処理条件に変更し、第2の処理条件に基づいて前記処理を行うステップとを含むことを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

【0009】(第1の実施形態)第1の実施形態として、半導体製造工場におけるLPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition, 低圧化学気相蒸着) 装置とそれを制御管理するCIMからなる半導体装置製造システムを図1に挙げて説明する。

【0010】半導体製造装置であるLPCVD装置5には、工場側のガス供給系6からシランガス、ドーピング材料ガスたるホスフィンが供給される。第1のマスフローコントローラ(MFC1)8によってモノシランガスが、第2のマスフローコントローラ(MFC2)9によってドーピング材料ガスであるホスフィンの導入流量がそれぞれ制御される。第1及び第2のマスフローコントローラ8、9は、LPCVD装置5の構成要素であるガス供給制御部7によって制御される。

【0011】反応室11の内部の温度は、加熱体と温度測定器からなる加熱部12によって制御される。加熱部12は、LPCVD装置5の構成要素である反応室制御部10によって制御される。

【0012】反応室11には、真空排気器16が接続されている。反応室11と真空排気器16を接続するパイ

プの途中に、気体の流体コンダクタンスの調節により、排気速度を調節できる圧力制御弁15が設置されている。真空排気器16から排出されるモノシランやホスフィンなどの材料ガスやそれらから生成される生成ガスは、排ガス処理器17によって、有害成分が除害される。

【0013】圧力制御弁15は、反応室11に繋がれた圧力計18によって測定された圧力測定値と、反応室制御部10から指令される設定圧力値との差異から、そのコンダクタンスを調整し、設定圧力に到達させ維持する機能を持ち、その調整状態を表す開度を半導体製造装置の主制御部13にリアルタイムに出力する機能を持つ。

【0014】また、反応室11には、ガス質量分析器(Q-mass)14と赤外線吸収分析器(FT-IR)19が設けられている。ガス質量分析器14及び赤外線吸収分析器19は、成膜中を含む任意の時間に、反応室内の雰囲気ガスのガス成分、及びその濃度を測定する機能を有する。赤外線吸収分析器19及び、ガス質量分析器14は、測定された結果を、リアルタイムに、主制御部13に出力する機能を持つ。

【0015】LPCVD装置5は、製造工程を制御するCIMサーバ1によって制御されている。CIMサーバ1は、工程情報管理データベース2、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3、及び製品情報管理データベース4を含む。

【0016】工程情報管理データベース2には、被処理基体である半導体基板が処理される工程条件や成膜レシピ(処理条件)などの工程情報が管理されている。分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3には、LPCVD装置5の反応室の内部の材料ガスであるモノシランガスやその分解生成物であるシリレンガスの反応室内部での分圧、反応室11内部の温度、反応室11内の圧力、圧力制御弁15の開度等の膜厚や均一性に影響を与えるプロセスパラメータ、並びに成膜後の検査工程に測定された膜厚や均一性など成膜能力(処理能力)情報が管理されている。製品情報管理データベース4には、被処理基体である製品の設計上の表面積や表面の構成と実際に半導体基板が経てきた工程履歴や検査工程での測定値を記録した製品情報が管理されている。

【0017】製品情報管理データベース4では、リソグラフィ工程やRIE工程などの加工工程における寸法測定での実測値(処理量)から、実際の半導体基板の加工形状を含めた表面積を算出する、または、設計上での表面積を補正するプログラムをもっている。各寸法測定の測定値は、寸法測定装置にて計測され、CIMサーバ1を構成する製品情報管理データベース4に記録される。同じく、製品情報管理データベース4に記録されている設計上の寸法と、実際の寸法を比較することで、リソグラフィやRIE加工でのバイアスが計算でき、それらのバイアスの値から実際に寸法を測っていない多く

の領域においても、その表面積を類推することができる。また、同じく製品情報管理データベース4に記録されている、ここで処理された半導体基板もしくはそれと同時期に処理された半導体基板上でのRIEの加工前の膜厚のデータや、RIE加工後に半導体基板で行なわれる段差測定から、平面寸法だけでなく、深さ方向の寸法を得ることで、表面積を算出することも可能である。

【0018】また、LPCVD工程、PECVD工程などの成膜工程における膜厚測定の結果や、CMPやRIE工程後の残膜厚測定値から、半導体基板での表面積を補正するプログラムをもっている。

【0019】また、製品情報管理データベース4に記録された膜厚や残膜データは、工程情報管理データベース2にある、その製品のその膜を成膜またはエッチングした工程情報に関連づけられて、装置毎、処理条件毎に分類されている。

【0020】分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3には、LPCVD装置5を含む工場内外でネットワークにつながれている成膜、または、エッチング製造装置の処理能力情報として、成膜やエッチング等の処理後の膜厚均一性や成膜速度、エッチング速度などのデータが記録されている。さらには、それぞれの装置毎、条件毎など任意のデータグループ毎に、平均値、標準偏差、Cp値、Cpk値、CL (Control Limit) など統計的処理を行うなどして得た特徴量も記録されている。

【0021】以上の説明したLPCVD装置5とCIMサーバ1における、リンを含んだ非晶質シリコン膜のLPCVD成膜の工程を製造手順にしたがって以下に説明する。

【0022】まず、工程情報管理データベース2に記録されている工程条件や成膜レシピ(処理条件)などの工程情報から、LPCVD装置5にて成膜工程に処理される製品の膜種及び膜厚に応じた成膜レシピを決定する。決定された成膜条件に定められた温度、圧力、材料ガス流量を含んだ成膜レシピ情報は、LPCVD装置5の中の主制御部13にネットワークを通じて自動的に送信される。自動移動積載機によって被処理半導体基板を反応室11に導入した後、リアルタイムコントローラ13aは、その成膜レシピ情報の段階毎の設定値に調節されるように、ガス流量やガス流量の増減速度や導入バルブの開閉をガス供給制御部7に指令し、温度の設定や圧力の設定を逐次、反応室制御部10に指令する。反応室制御部10は、反応室11内部の温度を加熱部12によって制御し、反応室11内の圧力を圧力計18及び圧力制御弁15によって制御する。

【0023】今、シランガスの熱分解によるLPCVDにて非晶質シリコン膜を第1層として20nm成膜した後に、該非晶質シリコン膜上にリンの吸着層を形成して、そのまた後に、非晶質シリコンを20nm成膜して、最終的に40nmのリンを含んだ非晶質シリコン膜

の成膜するレシピを実行している場合を例としてあげて、詳細を述べる。図2、3は、本発明の第1の実施形態に係わる半導体装置製造システムの制御方法を説明に用いるフローチャートである。

【0024】(ステップS101) 先ず、工程情報管理データベース2を参照して、成膜レシピを作成する。先ず、反応室温度550℃及び反応室圧力133Paのもとで、シランガスの熱分解によるLPCVDにて非晶質シリコン膜を第1層として11分間成膜した後に、該非晶質シリコン膜上に、圧力266Paのもとでリンの吸着層を形成して、そのまた後に、非晶質シリコンを同じく11分間の成膜するという、成膜レシピを決定した。

【0025】図4に、このリンをドーピングさせる工程を含んだ非晶質シリコン膜のLPCVD成膜過程のシーケンスの詳細を説明するため、上から順に、成膜による非晶質シリコン膜厚の経時変化、加熱部12に出力値である温度の経時変化、ガス供給制御7の出力値であるモノシランガスの流量とホスフィンガスの流量とバージ用窒素ガスの流量の経時変化、圧力計18の出力値と圧力制御弁15の出力値である圧力制御弁の開度の経時変化を示した。

【0026】(ステップS102, S103) 反応室温度は設定どおり550℃に調整され、反応室内圧力も133Paに安定している。モノシランガスを100sccmの流量にて導入することで、非晶質シリコンの成膜が開始される、この間、反応室温度とそれに要した消費電力が加熱部12によって、反応室圧力は圧力計18によって、例えば、1msecに一回の頻度で測定されている。それぞれの測定値は主制御部13に出力されている。主制御部13の中の測定値を記録する測定値記録・演算部13bは、それぞれの測定値を記録すると共に、同時に、温度、消費電力、圧力、それぞれの時間平均値、標準偏差値をリアルタイムで算出する。

【0027】図4においては、反応室の実際の温度の平均値は550℃であり、反応室の実際の圧力の平均値は133Paであることを示しており、このリアルタイムで出力されたデータと平均値など統計値は、主制御部13から、CIMサーバ1を構成する分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に送られる。

【0028】LPCVD装置5におけるモノシランガスによる非晶質シリコンの過去の成膜における成膜速度は、処理能力及び分析測定値が記録された分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録されており、その時々条件は工程情報管理データベース2に入力されて、それぞれ異なる条件下での成膜速度が条件毎に分類され記録されている。

【0029】(ステップS104, S105, S106, S107) 今、LPCVD装置5において、反応室温度が550℃であり、圧力が133Paである時、データベース3に記録されている最新の成膜速度は、毎分

2 nmであるとする、その成膜速度から第1層目として200 nmの膜厚が必要な場合の成膜時間は10分であると算出される。この新たに算出された成膜時間はLPCVD装置5の主制御部13に返され、プロセスパラメータを比較する処理条件調整部13cによって、成膜開始前に、工程情報管理データベース2から成膜レシピとして指定された成膜時間の11分との差異を計算して、1分間早く、10分で、モノシランガスの導入を止めるように、ガス供給制御部7に指令を出してフィードフォワード制御を行う。このフィードフォワード制御により、LPCVD装置5の成膜速度の変動を考慮して、所望の20 nmを得る事ができる。

【0030】(ステップS108)モノシランガスを前記に説明したように時間 $t_1=10$ 分間導入した後に、モノシランガスの導入を止め、成膜レシピでは、反応室11内を十分に窒素にてバージした後に、その後、ドーピングガスとしてのホスフィンガスを導入する。

【0031】ここで、モノシランガスの反応室11からのバージは、ホスフィンガスとモノシランガスとの混合をさせることで、ホスフィンガスとモノシランガスの相互作用による化学反応を抑える為に必要である。ホスフィンとモノシランガスの化学反応による非晶質シリコン膜の成膜はモノシランガスのみの場合に比べて、反応速度が高く、成膜反応が供給律速になるため、成膜の膜厚やリン濃度の均一性が劣化しやすいためである。

【0032】(ステップS109)窒素にてバージを開始した直後から、ガス質量分析器14や赤外線吸収分析器19による赤外吸収分光によって、反応室内の気体中のモノシランガス分圧を、例えば、10秒に1回の速度で測定し、主制御部13に出力する。

【0033】(ステップS110)測定値記録・演算部13bにおいて、モノシランガスに起因する質量数の検出強度や赤外吸収の吸収スペクトル強度の平均値や標準偏差が算出される。処理能力及び、分析測定値を記録した分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3には、LPCVD装置5の反応室内部のモノシラン分圧の標準状態での濃度が記録されており、例えば、今回の成膜シーケンスにて、モノシランガスを導入する前の3分間の濃度測定データから、その平均値と標準偏差を導き、UCL (Upper Control Limit: =平均値+3×標準偏差)として、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3から主制御部13に返され、処理条件調整部13cにて、測定値記録・演算部13bに記録された最新の連続する6回の測定値、即ち、1分間の測定値すべてが、UCLを下回る場合に、モノシランガスのバージが完了したと判断して、窒素によるガス置換バージを終了して、ホスフィンの導入を開始するような制御をすることで、バージ時間の最適化をはかり、余分な時間を削除する事で、生産効率の向上を図る事が出来る。

【0034】また、質量分析において、目的とするSi

H₄とそのフラグメントの質量のみを抽出して測定する事で、測定時間を短縮させることで、例えば、10秒に1回の分析を1秒に1回に短縮できるため、バージ完了の判断をより、高速に行える。同様に、赤外線吸収においても、モノシランガスの分析に必要な、Si-H結合の伸縮振動による吸収域だけを測定分析することで、赤外線吸収測定の速度を上げることができる。

【0035】(ステップS111, S112)前記のように自動的に窒素バージ終了が判断されて、結果的に3分間のバージを終えて、即ち、成膜初期から13分後に、圧力を266 Paにして、ドーピングガスとしてのホスフィンガスを200 sccmの流量にて導入する。先に成膜した20 nmの膜厚の非晶質シリコン膜表面をホスフィンガスの雰囲気にて3分間、暴露して、表面にリンの吸着層を形成する。

【0036】(ステップS113, S114)次に、ホスフィンガス雰囲気を、モノシランの場合と同様、ガス分析によるフィードフォワード制御を利用して、十分且つ最短に窒素で置換してバージした後に、再び、成膜初期から20分後にモノシランガスを室内圧力133 Paにして100 sccm導入することで、再び、非晶質シリコンの成膜が開始される。

【0037】(ステップS115)最初の非晶質シリコン膜の上にリンが吸着しているため、モノシランガスが半導体基板表面に到達しているにもかかわらず、成膜が、しばらく、 t_2 の時間の間、始まらない現象が生じて、一般的にデポ潜伏時間と呼ばれるものが現れる。この間も、圧力は133 Paになるように、圧力制御弁15によって制御されている。このデポ潜伏時間の間は、モノシランガスが成膜によって消費されず、分解反応が進まないため、モノシランガスが大量に、排気装置側に排出される。

【0038】そのため、反応室11内の圧力を133 Paに維持する為には、時刻 t_1 の時と同じ圧力、同じモノシランガス流量、同じ温度であるにもかかわらず、時刻 t_1 の時に比べて、圧力制御弁15のスロットル機構がコンダクタンスをあげるべく開くことになり開度が大きくなる。デポ潜伏時間が終了して成膜が始まり、モノシランガスが、反応室内の半導体基板表面上で分解反応を起こすことで、モノシランが消費されて、排出量が減少することにより圧力制御弁が最初の時刻 t_1 の時と同じ開度にまで戻る。

【0039】この圧力制御弁15の開度の経時変化は、1 msecに1回の時間間隔で主制御部13に出力される。測定値記録・演算部13bで測定値をリアルタイムに、その時間微分やその時間平均値、分散など統計的処理を行い算出することによって、この圧力制御弁の開度の変化を、リアルタイムに統計的に示す。

【0040】(ステップS116)分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録されている値、例

えば、先の第1層目の20nmを成膜していた時の圧力制御弁15のスロットル機構の開度の同じく統計的に得られた平均値や標準偏差、UCL (=平均値+3×標準偏差)、及び、LCL (=平均値-3×標準偏差)に比較して、測定値記録・演算部13bで算出され続ける平均値との差異が、1次分散分析やt-検定など分散分析から見て有意な変化であるかどうかを確認したり、UCLとLCLを基準に判定したりすることで、デポ潜伏現象の終了を検知することができる。

【0041】(ステップS117, S118, S119)たとえば、デポ潜伏時間 $t_2=8$ 分間を正確に検知し、さらに、その時の温度と圧力より、第1層目と同様に、成膜速度から所望の膜厚を得る為に必要な成膜時間 $t_3=10$ 分であることを算出する事で、成膜レシピに記述された当初の成膜時間である11分から、18分への変更をリアルタイムにフィードフォワード制御して変更することで、高精度な成膜制御を可能にするものである。

【0042】なお、ステップS104, 105において、反応室内の温度が設定値550℃に対して551℃に変動している場合、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3より、551℃の成膜速度を得る事になるが、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に551℃の時の成膜速度の記録がなく、540℃、550℃、560℃での記録がある場合に、551℃の時の成膜速度を絶対温度の逆数と成膜速度の対数から導かれる1次関数から、成膜時間を補間してフィードフォワード制御を行う。

【0043】また、前記の551℃に変動した場合において、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3にLPCVD装置5における成膜速度の記録が550℃においてのみであり、551℃での成膜速度が補間によって得られない、記録の母集団が少量過ぎる、又は時間を経過しすぎていて精度がないなどの欠点を保証するために、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3が管理している他の同種の装置、または、同様と指定された装置の成膜速度のデータを用いても良い。この際、装置間差や、装置機種間差を補償して埋めるためのオフセットパラメータを導入することで、精度をさらに上げることができる。

【0044】図5のブロック図に、他の装置のデータを用いて成膜条件を変更することが可能な半導体装置製造システムを示す。

【0045】図1に示す半導体装置と同様に、工程情報管理データベース2と、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3と、製品情報管理データベース4からなるCIMサーバ1が工場内のローカルエリアネットワーク25aを通して、複数の成膜装置の成膜情報や成膜レシピを管理する成膜装置群制御装置26と繋がっており、成膜装置群制御装置26に管理される半導体製造

装置である成膜装置27(27a, 27b, 27c)に接続されている。

【0046】また、同じくローカルエリアネットワーク25aには、第1の膜厚制御装置31aと第2の膜厚制御装置31bを制御し、その測定データを管理する測定装置群制御装置30にも繋がっている。

【0047】其々の成膜装置27には、それぞれの装置制御部として装置コントローラ28(28a, 28b, 28c)が備えられ、それぞれにはガス分析測定器29(29a, 29b, 29c)が同じく備え付けられている。

【0048】今、成膜装置27aで行なわれた成膜プロセスに対して、温度、圧力などの変動やガス分析の結果は、装置コントローラ28を介して、成膜装置群制御装置26に伝達、記録されるとともに、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に、記録される。また、その時の成膜の、例えば、膜厚の結果は、プロセス終了後に、膜厚測定装置31aにて測定され、成膜測定装置群制御装置30を通して、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録される。また、工場内のローカルエリアネットワーク25aを通じて成膜装置群制御装置26にも記録される。成膜装置群制御装置26には、同種の装置である成膜装置27bや成膜装置27cで行なわれた過去の同種の成膜プロセスの記録と、その時に膜厚測定装置31aまたは31bにて測定された膜厚値が記録されており、それらが比較されることで、成膜装置27aでの、温度、圧力の変動やガス分析の結果と、その結果の膜厚値との相関がえられるだけでなく、成膜装置27bや成膜装置27cでの結果とも比較されることで、少ないデータで補填できるとともに、各成膜装置間や測定装置間の差異を統計的に知ること、それぞれの装置の制御部の差異や測定装置の誤差の差異を算出してオフセットパラメータを導入することで、異なる装置間でのデータを用いた時のリアルタイムのプロセス制御精度をさらに上げることができる。

【0049】また、成膜装置群制御装置26内のデータだけに限らず、工場内のローカルエリアネットワーク25aとインターネットにて繋がった他の工場に敷設されたローカルエリアネットワーク25bにある同じく同種の成膜装置を制御する同種のグループコントローラのデータを直接参照することにより、または、ローカルエリアネットワーク25aに繋がっている工場のCIMサーバ1に集中管理されている分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3とローカルエリアネットワーク25bに繋がっている同様のサーバの同様のデータベースと比較することで、他工場にある成膜装置の蓄積されたデータをも用いることができる。

【0050】(第2の実施形態)第2の実施形態として、第1の実施形態と同じく、図1にあげた半導体製造工場におけるLPCVD(Low Pressure Chemical Vapor

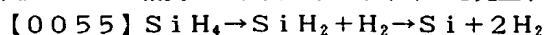
Deposition, 低圧化学気相蒸着)装置とそれを制御管理するC I Mサーバからなるシステムにて、複数枚の半導体基板にL P C V D成膜する場合を例として説明する。

【0051】L P C V D装置5の内部を構成する反応室11に、2枚以上、最大25枚の被処理半導体基板を搭載する事ができて、それら搭載されたすべての被処理半導体基板表面上に同時に成膜する場合、まず、工程情報管理データベース2から、L P C V D装置5にて成膜工程に処理される製品を決定し、その工程の種類から、膜種、膜厚、成膜条件が決定され、成膜条件に定められた温度、圧力、材料ガス流量を含んだ成膜レシピ情報がL P C V D装置5の中の主制御部13にネットワークを通じて自動的に送信される。この時、何枚の半導体基板が反応室11に搭載されるかも決定される。

【0052】自動移動積載機によって工程情報管理データベース2によって指示された枚数だけ、被処理半導体基板を反応室11に導入した後、工程情報管理データベース2より送られた成膜レシピ情報に従って、その成膜レシピの段階毎に、リアルタイムコントローラ13aがガス流量やガス流量の増減速度や導入バルブの開閉の設定値をガス供給制御部7に指令すると共に、温度の設定や圧力の設定値を逐次、反応室制御部10に指令する。反応室制御部10は、温度を加熱部12によって制御し、圧力を圧力計18と、圧力制御弁15によって制御する。

【0053】今、L P C V D装置5において、5枚の被処理半導体基板を搭載して、550℃で133Paのもとで、シランガスを100sccmの流量にて反応室に導入し、その熱分解によるL P C V Dにて非晶質シリコン膜を11分間の成膜にて20nm成膜するレシピを実行している場合を例としてあげて、詳細を述べる成膜工程が開始されると、リアルタイムコントローラ13aはガス供給制御部7に導入バルブを開けることを指令し、100sccmのモノシランガスが、反応室11内に導入される。反応室11の温度や圧力の設定値も、同様にリアルタイムコントローラ13aから反応室制御部10に指令される。反応室制御部10は、加熱部12を制御することによって、反応室11内の温度を550℃にする。反応室制御部10は、圧力計18の測定値が133Paになるように、圧力制御弁15を制御する。また、圧力制御弁15の開度とガス質量分析器14による反応室内ガスの質量分析と、赤外線吸収分析器19による反応室11内ガスの赤外吸収分析が、毎秒1回の時間間隔で測定され、測定結果が主制御部13に出力される。

【0054】導入されたモノシランガスは、反応室11の内壁表面とおよび、該反応室内部に搭載された5枚の半導体基板表面にて熱分解し、それぞれの表面に非晶質シリコン膜が堆積する。モノシランガスは、次に示した反応によって消費され、代わりに水素ガスを発生する。



モノシランガスの化学反応は、主に、半導体基板表面でのみ生じるため、反応室に搭載した半導体基板の枚数によって、モノシランガスの消費量は異なる。モノシランガスの消費量によって、圧力制御弁15の開度や、反応室から排出されるモノシランの分圧や水素の濃度が異なる。

【0056】分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3には、L P C V D装置5において、半導体基板が25枚搭載された時の、同条件での成膜速度と、その時の圧力制御弁の開度や、排出されるガス中のモノシラン分圧や水素分圧が記録されている。また、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3には、被処理半導体基板一枚辺りのモノシランの消費量を、調整弁の開度、排気されるガスのモノシラン分圧、及び水素分圧から算出する関係式が、各L P C V D装置毎、各温度条件毎、圧力条件毎に格納されている。

【0057】C I Mサーバ1からの指示により、反応室温度550℃、反応室圧力133Paの時のモノシランの消費量と関係式が分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3から主制御部13に出力される。測定値記録・演算部13bは、測定された調整弁の開度や排気中のモノシランガスの分圧や水素分圧と前述した関係式を用いて、半導体基板1枚辺りのモノシランガス消費速度を算出する。算出された消費速度が分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録されているモノシラン消費速度と比較して多い場合は、処理条件調整部13cによってシランガスの供給量100sccmを、例えば60sccmに減少させるようにリアルタイムでフィードフォワード制御をして、半導体基板が25枚搭載された時の1枚当たりの消費速度と同等の消費速度にする。このように1枚当たりの消費速度を搭載基板枚数に係わらず一定にすることで、搭載基板枚数が変動しても、各基板上での成膜速度を一定にすることができる。

【0058】また、モノシランガス流量をそのままにして、成膜速度の増加分を分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録されているモノシランガス消費速度と成膜速度の関係式から算出して、例えば、当初の成膜時間11分を8分に調整するようにリアルタイムにフィードフォワード制御を行うことで、所望の膜厚に近づける、精密な成膜制御を行うことも可能である。

【0059】成膜後、次の検査工程において、半導体基板上の膜厚を測定し、その検査結果は製品情報管理データベース4を経由して、処理能力と分析測定情報の分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に、成膜速度と、この時の圧力制御弁15の開度、質量分析や赤外吸収分析の出力値との相関データとして記憶されて、次回以降の成膜制御の為にデータベースを絶えず、更新していくことができる。

【0060】また、データベースに登録されている表面が平坦な被処理半導体基板の表面積に対して、表面に溝

が形成されてその1枚辺りの表面積が異なる複数の被処理半導体基板を反応室11内に搭載して、LPCVD方による成膜を行う場合について説明する。ここでは、表面積が3倍になっている半導体基板25枚を反応室11内に搭載し、温度550℃、圧力133Paのもとで、シランガスを100sccmの流量にて、反応室に導入し、その熱分解によるLPCVDにて非晶質シリコン膜を10分間の成膜にて20nm成膜するレシピを実行している場合を例としてあげて、詳細を述べる。

【0061】製品情報管理データベース4から設計上の半導体基板の表面積3倍になっていることが、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に出力される。モノシランガスが導入された時には、半導体基板の面積が3倍になっていることから、分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録されている基準状態でのモノシランの消費速度に比べて消費が増え、圧力制御弁15の開度が小さくなり、排気される気体中のシラン分圧が低く、水素濃度が高くなる。分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に記録されている平坦な半導体基板が25枚搭載された時の状態と単位面積あたりのモノシランガスの消費速度を比較することで、単位面積辺りの消費速度を等しくするために必要なモノシラン供給量を処理条件調整部13cが算出して、ガス供給制御部7に対してフィードバック制御を行う。

【0062】例えば、100sccmから250sccmに増加させることで、モノシランガスの欠如を回避して、25枚の半導体基板の全面に、十分なモノシランを供給させて、成膜速度を維持することを可能にする。

【0063】また、質量分析や赤外吸収や圧力制御弁の開度とモノシランの消費量との相関データが分析情報・プロセスパラメータ管理データベース3に十分な測定数がない場合、例えば、ガス流量を、段差関数的或いはデルタ関数的に100sccmから110sccmに変化させる、または反応室の温度を550℃から555℃に変化させて、シランガスの分圧の変化量や、水素ガス濃度の変化量を測定して、その変化量の大小によって、モノシランの消費が、即ち、シリコン膜の成膜が、反応律速であるか供給律速であるかが判断させても良い。

【0064】(第3の実施形態) 第三の実施形態として、第一の実施形態と同じく、図1に示した半導体製造工場におけるLPCVD装置とそれを制御管理するCIMサーバからなるシステムにて、三弗化塩素ガス(ClF₃)ガスによるチューブクリーニングする場合を例として説明する。

【0065】チューブクリーニングは、成膜時に堆積されたシリコン膜やシリコン窒化膜を洗浄する為に行われるものである。LPCVD装置5の内部を構成する反応室11の内壁や配管内に、に、ClF₃ガスを導入すると共に、反応室内を加熱して、熱反応によって、反応室11内部のシリコン膜やシリコン窒化膜を分解反応にて

クリーニングを行う。

【0066】チューブクリーニングを行う際、工程情報管理データベース2において、LPCVD装置5における前回のチューブクリーニング以降の工程履歴から、反応室11内部に堆積されたCVD膜の膜種、膜厚、成膜条件が判別される。判別結果によって、クリーニング条件が決定され、その条件に定められた温度、圧力、材料ガス流量を含んだClF₃クリーニングのレシピ情報が、LPCVD製造装置5の中の主制御部13にネットワークを通じて自動的に送信される。

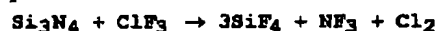
【0067】送られたクリーニングレシピ情報に従って、そのクリーニングレシピの段階毎に、リアルタイムコントローラ13aによって其々の設定値に調節されるべく、ガス流量やガス流量の増減速度や導入バルブの開閉をガス供給制御部7に指令し、温度の設定や圧力の設定を逐次、反応室制御部10に指令する。反応室制御部10は、温度を加熱部12によって制御し、圧力を圧力計18及び圧力制御弁15によって制御する。

【0068】今、LPCVD装置5において、400℃で133Paのもとで、ClF₃を1000sccmの流量にて反応室11に導入し、その熱分解によって反応室11内部に堆積された膜厚200nmのシリコン窒化膜を5分間のエッチングにて全部剥離するレシピを実行している場合を例としてあげて、詳細を述べるリアルタイムコントローラ13aにより、成膜工程が開始されるとガス供給制御部7に指令し、導入バルブが開き、1000sccmのClF₃ガスが、反応室11に導入される。反応室の温度や圧力も、同様にリアルタイムコントローラ13aによって反応室制御部10に指令され、反応室制御部10は、温度を加熱部12によって400℃に制御し、圧力を圧力計18から読み取って、圧力制御弁15によって133Paに制御する。また、圧力制御弁15の開度とガス質量分析器14による反応室内ガスの質量分析結果と、赤外線吸収分析器19による反応室11内ガスの赤外吸収分析結果が、毎秒1回の時間間隔で、主制御部13に出力されていく。

【0069】導入されたClF₃ガスは、反応室11の内壁表面にて熱分解され、次の化学式に示す反応によって消費され、代わりにシリコン弗化物や窒素弗化物を発生する。

【0070】

【化1】



【0071】反応室に堆積されたシリコン窒化膜すべてエッチングされてなくなると、反応室11の内壁である石英がエッチングされるが、熱反応はシリコン窒化膜に比べて、遅く、ClF₃ガスの消費速度が遅くなる。それによって、圧力制御弁15の開度や、反応室から排出されるシリコン弗化物や窒素化合物の分圧が変化する。

【0072】分析情報・プロセスパラメータ管理データ

ベース3には、LPCVD装置5において、シリコン窒化膜がエッチングされている時と、シリコン窒化膜のエッチングが終了して石英内壁がエッチングされる時の、同条件での圧力制御弁の開度や、排出されるガス中の ClF_3 の分圧や、生成物であるシリコン弗化物や窒素弗化物の分圧が記録されている。処理条件調整部13cは、圧力制御弁の開度及び分圧の記録値と圧力制御弁15やガス質量分析器14より測定値記録・演算部13bに入力される測定値とを比較することで、反応室11でのエッチングが終了した時間を判断する。判断結果からエッチングを終了させることにより、エッチング時間を最適化して短縮し、 ClF_3 のガスの消費量を最小に抑え、反応室11の内壁を構成する石英壁の損傷を最小にすることができる。

【0073】また、質量分析において、目的とする SiF_4 や ClF_3 とそのフラグメントの質量のみを抽出して測定する事で、測定時間を短縮させることで、例えば、1秒に1回の分析を1秒に10回に短縮できるため、エッチング完了の判断をより、高速に行える。同様に、赤外線吸収においても、 SiF_4 の分析に必要な、 Si-F 結合の伸縮振動による吸収域だけを測定分析することで、赤外線吸収測定の上を上げる事ができる。

【0074】なお、本発明は、上記各実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。更に、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、処理に影響を与えるプロセスパラメータを処理中に測定し、測定値と予め求められた処理能力とプロセスパラメ

ータとの関係を示す規準状態とから、設定値が得られる処理条件を処理中に求めることで、本発明の目的は、半導体装置の製造工程の再現性が安定していなくても、設定通りの処理を安定して行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わる半導体装置製造システムの概略構成を示すブロック図。

【図2】第1の実施形態に係わる半導体装置製造システムの制御方法の説明に用いるフローチャート。

【図3】第1の実施形態に係わる半導体装置製造システムの制御方法の説明に用いるフローチャート。

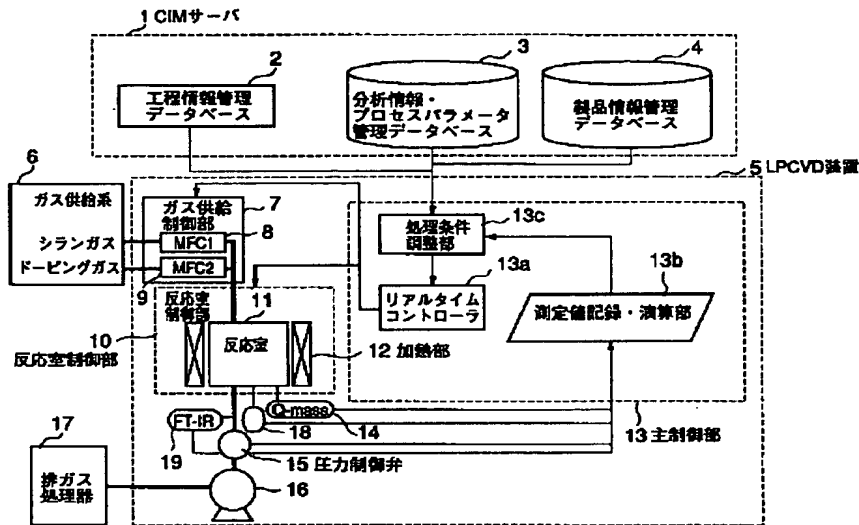
【図4】プロセスパラメータの経時変化を示す特性図。

【図5】半導体装置製造システムの変形例を示すブロック図。

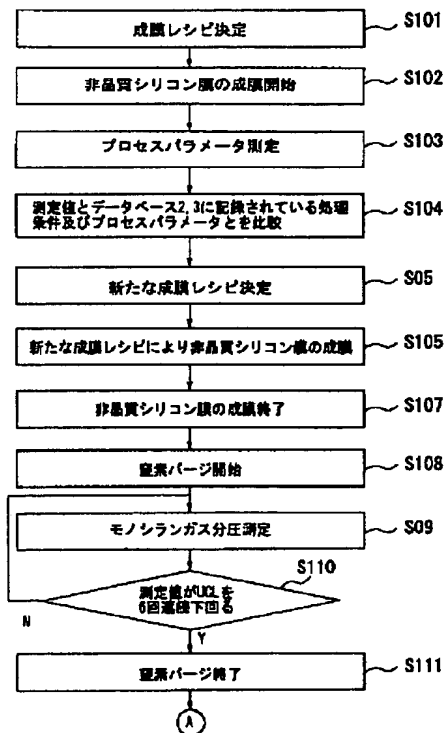
【符号の説明】

- 1…CIMサーバ
- 2…工程情報管理データベース
- 3…分析情報・プロセスパラメータ管理データベース
- 4…製品情報管理データベース
- 5…LPCVD装置
- 6…ガス供給系
- 7…ガス供給制御部
- 8…第1のマスフローコントローラ
- 9…第2のマスフローコントローラ
- 10…反応室制御部
- 11…反応室
- 12…加熱部
- 13…主制御部
- 13a…リアルタイムコントローラ
- 13b…測定値記録・演算部
- 13c…処理条件調整部
- 14…ガス質量分析器
- 15…圧力制御弁
- 16…真空排気器
- 17…排ガス処理器
- 19…赤外線吸収分析器

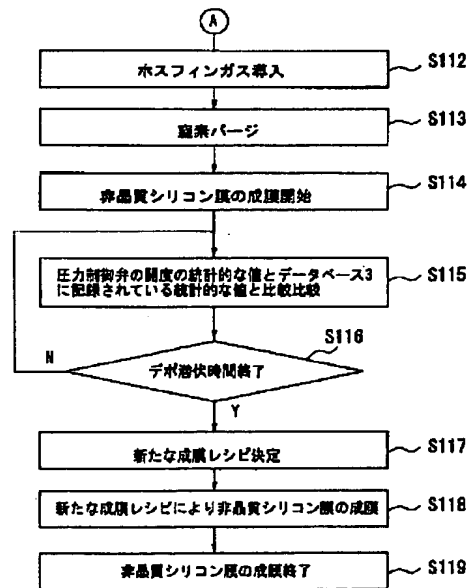
【図1】



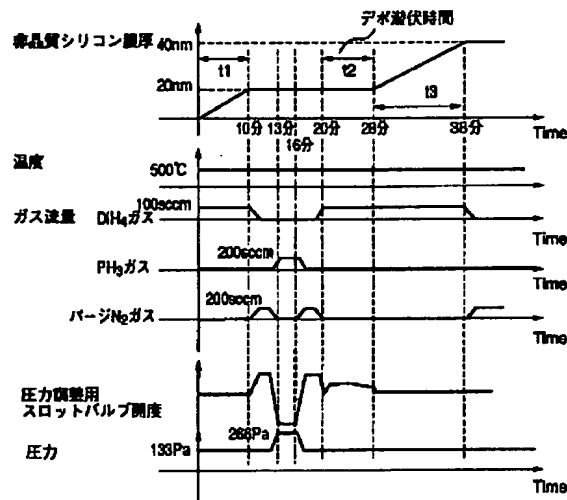
【図2】



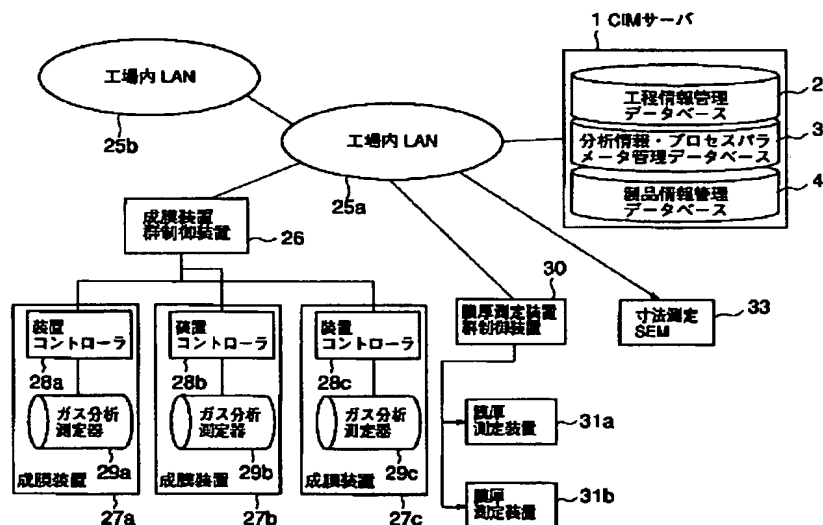
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 AA06 AA20 BA30 CA04 JA01
 JA05 JA06 JA09 JA10 JA16
 KA39 KA41 LA15
 5F004 AA15 AA16 CB02 CB04 CB09
 5F045 AA06 AB04 AC01 AC19 AD09
 AE21 BB03 GB05 GB06 GB07
 GB16 GB17